

MANUFACTURE OF CERAMIC HEATER

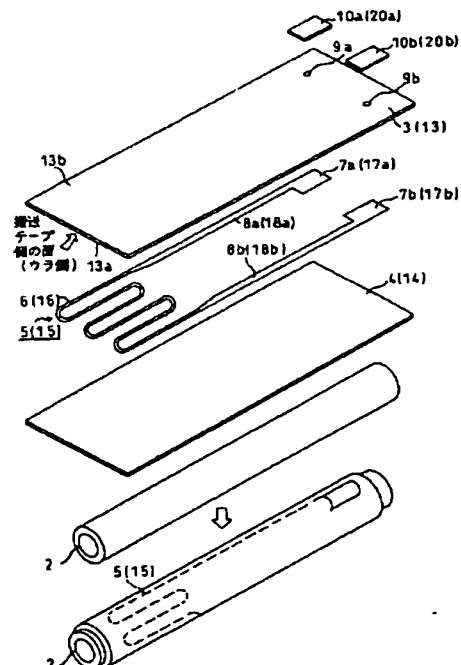
Patent Number: JP11273837
Publication date: 1999-10-08
Inventor(s): SUEMATSU YOSHIRO;; NODA YOSHIRO
Applicant(s): NGK SPARK PLUG CO LTD
Requested Patent: ☐ JP11273837
Application Number: JP19980074501 19980323
Priority Number(s):
IPC Classification: H05B3/18; B28B1/30; C04B37/00
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce the dispersion of a heater resistance value by forming a heater pattern on the surface on the transporting tape side of a green sheet in the manufacturing process of a ceramic heater, wherein the green sheet is formed on the transporting tape by means of a doctor blade method and the heater pattern is printing on the green sheet and baked.

SOLUTION: When a first green sheet 13 is formed, a heater pattern 15 having a thickness of 25 μm is formed by performing paste printing on a surface (restraining surface) 13a that was on the transporting tape side by the use of tungsten paste. A heater pattern 15 composed of a heat generating pattern 16, a positive electrode side terminal pattern 17a, a negative electrode side terminal pattern 17b and lead patterns 18a, 18b is printed in the form of a thick film by having the restraining surface 13a face upward. The surface roughnesses of the restraining surface 13a and the other surface (free surface) are about 0.6-1.5 μm and 4.1-5.4 μm , respectively. Since the heater pattern is formed on the surface having the smaller surface roughness, a printed thickness which is close to a target value can be provided.

Data supplied from the esp@cenet database - I2



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ドクターブレード法により、搬送テープ上にグリーンシートを作製し、該グリーンシート上にヒータパターンを印刷し、その後焼成するセラミックヒータの製造方法において、

前記グリーンシートの両側の面のうち、前記搬送テープ側の面に、前記ヒータパターンを形成することを特徴とするセラミックヒータの製造方法。

【請求項2】 前記グリーンシートにおける前記搬送テープ側の面の表面粗さが $2.0\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする前記請求項1に記載のセラミックヒータの製造方法。

【請求項3】 グリーンシートを作製し、該グリーンシート上にヒータパターンを印刷し、その後焼成するセラミックヒータの製造方法において、前記グリーンシートの両側の面のうち、表面粗さが $4.0\mu\text{m}$ 以下である面に、前記ヒータパターンを形成することを特徴とするセラミックヒータの製造方法。

【請求項4】 ドクターブレード法により、前記グリーンシートを搬送テープ上に形成することを特徴とする前記請求項3に記載のセラミックヒータの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば自動車用酸素センサ、グローシステム、半導体加熱用、石油ファンヒータ等に使用されるセラミックヒータの製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来より、例えば酸素センサには、その検出素子の加熱のために、平板状や円筒状のセラミックヒータが使用されている。例えば円筒状のセラミックヒータは、例えばアルミナからなる円筒状のセラミック基材（セラミック磚管）の表面に、ヒータパターンが形成されたグリーンシートが巻きつけられて、一体焼成されたものである。

【0003】この種のセラミックヒータは、通常、下記①～③の手順にて製造される（特開平1-225087号公報及び特開平4-329291号公報参照）。

①まず、ドクターブレード法により、例えばアルミナを主成分とするスラリーを原料として、帯状のグリーンシートを連続して形成する。

【0004】②次に、このグリーンシートを所定寸法にカットした後に、グリーンシート上に、例えばタングステン等の高融点金属を有するペーストを用いて、スクリーン印刷等のペースト印刷法により、ヒータパターンを厚膜印刷して形成する。

③次に、ヒータパターンを形成したグリーンシートを、セラミック基材の表面に積層し、一体焼成する。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところが、上述した方

法でセラミックヒータを製造する場合に、ヒータパターンをグリーンシート上にペースト印刷により形成するときには、ヒータパターンの印刷厚みがばらつくことがあった。その結果、焼成後のヒータ抵抗値が目標値からずれてしまい、ヒータ抵抗値がばらつくという問題があった。

【0006】本発明は、上記の問題点を鑑みてなされたものであり、ヒータ抵抗値のばらつきを低減できるセラミックヒータの製造方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するための請求項1の発明では、ドクターブレード法により、搬送テープ上にグリーンシートを作製し、グリーンシート上にヒータパターンを印刷し、その後焼成するセラミックヒータの製造方法において、グリーンシートの両側の面のうち、搬送テープ側の面に、ヒータパターンを形成することを特徴とするセラミックヒータの製造方法を要旨とする。

【0008】本発明では、グリーンシートの両側の面のうち、搬送テープ側の面に、ヒータパターンを形成する。このグリーンシートの搬送テープ側の面とは、ドクターブレード法によりグリーンシートを作製する際に、原料のスラリーが直接に搬送テープに接し、その後乾燥によりシート状となる面であるので、搬送テープ側の面の表面粗さは、搬送テープ表面と同様に、非常に小さなものとなる。

【0009】そのため、グリーンシートの搬送テープ側の面に、印刷（ペースト印刷）によりヒータパターンを形成する場合には、印刷厚みを均一化することができる。その結果、焼成後のヒータ抵抗値を容易に目標値に近づけることができるので、ヒータ抵抗値のばらつきを低減することができる。

【0010】請求項2の発明は、グリーンシートにおける搬送テープ側の面の表面粗さが $2.0\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1に記載のセラミックヒータの製造方法を要旨とする。本発明では、グリーンシートにおける搬送テープ側の表面粗さを規定している。つまり、この表面粗さ以下の場合には、グリーンシートの表面が十分に滑めらかであるので、一層印刷厚みを均一化でき、それによって、ヒータ抵抗値をより目標値に近づけて、ヒータ抵抗値のばらつきを一層低減できる。

【0011】請求項3の発明は、グリーンシートを作製し、グリーンシート上にヒータパターンを印刷し、その後焼成するセラミックヒータの製造方法において、グリーンシートの両側の面のうち、表面粗さが $4.0\mu\text{m}$ 以下である面に、ヒータパターンを形成することを特徴とするセラミックヒータの製造方法を要旨とする。

【0012】本発明では、グリーンシートの両側の面のうち、表面粗さが $4.0\mu\text{m}$ 以下である面に、ヒータパターンを形成する。つまり、グリーンシートの表面粗さ

が4.0 μm 以下の面にヒータパターンを形成することにより、印刷厚みを均一化でき、それによって、ヒータ抵抗値を目標値に近づけて、ヒータ抵抗値のばらつきを低減できる。

【0013】請求項4の発明は、ドクターブレード法により、グリーンシートを搬送テープ上に形成することを特徴とする請求項3に記載のセラミックヒータの製造方法を要旨とする。本発明は、前記請求項3の発明において、グリーンシートの形成方法を例示したものである。本発明では、ドクターブレード法により、搬送テープ上にグリーンシートを形成するので、その搬送テープ側の表面粗さを低減できる。それにより、印刷厚みを均一化できるので、ヒータ抵抗値を目標値に近づけて、ヒータ抵抗値のばらつきを低減できる。

【0014】ここで、前記表面粗さとは、JIS B0601 (1994)にて規定されるRa (算術平均粗さ)である。尚、カットオフ値及び評価長さは、JISの標準値である。また、前記ヒータパターンとしては、主として発熱を行う発熱パターンと発熱パターンに通電するリードパターン及び端子パターンとからなるものが挙げられるが、ヒータ抵抗値に大きな影響を与えるものは、発熱パターンであるので、発熱パターンが、前記請求項1〜4に示す面（即ち搬送テープ側の面や所定の表面粗さ以下の面）に形成されることが重要である。

【0015】前記グリーンシートとしては、アルミナ (Al_2O_3)を主成分とする材料からなるものが挙げられる。前記ヒータパターンの材料として、高融点材料である、白金 (Pt)、白金-ロジウム (Rh)、モリブデン (Mn)、タングステン (W)等が挙げられる。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明のセラミックヒータの製造方法の例（実施例）を説明する。

（実施例）

（1）まず、本実施例の方法によって製造されるセラミックヒータの構造について説明する。

【0017】図1に示す様に、本実施例のセラミックヒータ1は、丸棒状であり、円筒状のセラミック基材（アルミナ磚管）2の周囲に、アルミナを主成分とする第1セラミック層3及び第2セラミック層4が積層されており、この第1セラミック層3及び第2セラミック層4の間に、タングステンを主成分とするヒータ部5が配置されている。

【0018】このヒータ部5は、図2に分解して示す様に、セラミックヒータ1の先端側で何度も蛇行する発熱部6と、セラミックヒータの後端側に配置されて電源側と接続される陽極側端子部7a及び陰極側端子部7bと、発熱部6及び端子部7を接続する一対のリード部8a、8bとから構成されている。

【0019】また、第1セラミック層3には、各リード部8a、8bと対応して導通部9a、9bが形成されて

いる。この導通部9a、9bとは、第1セラミック層3のスルーホールの内表面に導電層が形成されたものである。更に、導通部9a、9bのヒータ部5と反対側には、各導通部9a、9bにより各端子部7a、7bに各々接続される陽極側端末10a及び陰極側端末10bが形成されている。

【0020】（2）次に、セラミックヒータの製造方法について説明する。尚、前記第1セラミック層3、第2セラミック層4、ヒータ部5、発熱部6、陽極側端子部7a、陰極側端子部7b、リード部8a、8b、陽極側端末10a、陰極側端末10bは、各々、第1グリーンシート13、第2グリーンシート14、ヒータパターン15、発熱パターン16、陽極側端子パターン17a、陰極側端子パターン17b、リードパターン18a、18b、陽極側端末パターン20a、陰極側端末パターン20bが焼成されて形成されたものである。以下の説明では前記図2を用いて説明する。

【0021】a) グリーンシートの作製

まず、 Al_2O_3 粉末（純度99.9%、平均粒径1.8 μm ）と、焼結助剤である SiO_2 粉末（純度99.9%、平均粒径1.4 μm ）と、 CaO となる CaCO_3 粉末（純度99.9%、平均粒径3.2 μm ）と、 MgO となる MgCO_3 粉末（純度99.9%、平均粒径3.2 μm ）と、必要に応じて添加される Y_2O_3 等の微量粉末とを、所定割合（例えば Al_2O_3 粉末90重量部、 SiO_2 粉末5重量部、 CaCO_3 粉末3重量部、 MgCO_3 粉末2重量部）で配合して、配合物を調製した。

【0022】そして、この配合物100重量部に対し、ポリブチルビニール8重量部、ジブチルフタレート4重量部、メチルエチルケトン及びトルエン70重量部を添加し、ボールミルで混合してスラリー状とした。その後、減圧脱泡して、ドクターブレード法により、厚さ0.3mmの第1グリーンシート13と、厚さ0.20mmの第2グリーンシート14を作製した。

【0023】ここで、ドクターブレード法について説明する。

ドクターブレード法とは、図3(a)に示す様に、容器31から合成樹脂製のフィルムである搬送テープ32上にスラリー33を流して供給する際に、円柱の一部が軸方向に切り欠かれた形状のブレード34にて、スラリー33の層の厚さを調節するものである。

【0024】この搬送テープ32上に配置されたスラリー33は、搬送テープ32の移動とともに図示しない乾燥装置によりメチルエチルケトン及びトルエンが適度に蒸発させられ、帯状のグリーンシート35となる。このグリーンシート35は、搬送テープ32から分離されてリブ36により巻取られる。

【0025】その後、帯状のグリーンシート35は、リブ36から引き出され、所定形状にカットされる。具体

的には、図3(b)に示す様に、複数のヒータパターン15を形成できる様に、略正方形に切断されるとともに、各端子パターン17a、17bが形成される位置に、各々スルーホール21a、21bが形成される。

【0026】その後、前記略正方形のグリーンシート上に、一度の複数のヒータパターン15を形成し、更に、各ヒータパターン15に対応した第1グリーンシート13にカットするのであるが、以下では、説明を明瞭にするために、第1グリーンシート13単体にヒータパターン15を印刷する場合を例に挙げて説明する。

【0027】尚、第2グリーンシート14も、厚さが異なる点及びスルーホール21a、21bがない点などを除き、ほぼ同様なドクターブレード法により作成される。

b) タングステンペーストの作製

W粉末(平均粒径1.5 μ m)、また必要に応じてAl₂O₃粉末(平均粒径1.5 μ m)、及びRe粉末(平均粒径1.5 μ m)を、所定の割合(例えばW粉末90重量部、Al₂O₃粉末10重量部)で配合された配合物100に対して、ポリビニルブチラール5重量部、ブチルカルビドールアセテート20重量部、アセトン70重量部を添加し、ボールミルで混合し、スラリー状とした。その後、アセトンを乾燥して除去し、所定割合のタングステンペーストを得た。

【0028】c) 発熱パターンの印刷

前記ドクターブレード法にて第1グリーンシート13を形成する際に、搬送テーブル側であった面(以下規制面13aとも記す;図2では裏側となっている)に、前記b)にて作製されたタングステンペーストを用いて、ペースト印刷を行った。それにより、厚さ25 μ mのヒータパターン15を形成した。

【0029】即ち、第1グリーンシート13の規制面13aを上にして(但し図2では圧着時に下方の面となる)、その規制面13a上に、発熱パターン16、陽極側端子パターン17a、陰極側端子パターン17b、リードパターン18a、18bからなるヒータパターン15を、ヒータパターン15の形状に透孔が設けられた金属製のマスク(図示せず)を使用して、厚膜印刷(スクリーン印刷)した。

【0030】ここで、前記第1グリーンシート13の規制面13aの表面粗さは約0.6~1.5 μ mであった。また、他表面(以下自由面13bとも記す;図2では上面となっている)の表面粗さは約4.1~5.4 μ mであった。

d) セラミック成形体の作製

次に、第1グリーンシート13の自由面13bの所定位

置、即ちスルーホール21a、21bに対応する位置に、前記と同様のタングステンペーストを使用してスクリーン印刷を行い、陽極側端末パターン20a及び陰極側端末パターン20bを厚膜印刷した。

【0031】その後、この第1グリーンシート13のヒータパターン15が印刷された表面に、第2グリーンシート14を積層して圧着した。次いで、この第2グリーンシート14の他表面(図2の下方の面)に、アルミナペースト(共素地)を塗布し、この塗布面をアルミナ製導管2に向けて、第2グリーンシート14をアルミナ導管2に巻き付け、外周を押圧して、セラミックヒータ成形体を得た。

【0032】e) セラミックヒータ成形体の焼成

上記の様にして得られたセラミックヒータ成形体を、250℃で樹脂抜きし、その後、水素炉中で、1550℃で1時間30分間保持して焼成し、第1及び第2セラミック層3、4、発熱部5、両端末部20a、20b、アルミナ導管2が一体化した、前記図1に示すセラミックヒータ1を得た。

(実験例) 次に、本実施例の効果を確認するために行った実験例について説明する。

【0033】①まず、上述した実施例の製造方法にて、第1グリーンシートを作成し、その規制面の表面粗さを測定した。また、第1グリーンシートの規制面にヒータパターンを印刷し、その印刷厚みを測定した。更に、焼成後、セラミックヒータのヒータ抵抗値を測定した。そして、印刷厚み及びヒータ抵抗値のばらつき(最大値と最小値との差)を調べた。その結果を、下記表1に記す(実施例の試料No.1~3)。

【0034】・前記規制面の表面粗さ及び印刷厚みは、「小坂研究所製、表面粗さ測定器サーフコーダSE-2300」にて測定した。尚、印刷厚みの目標値は、24 μ mである。

・ヒータ抵抗値は、抵抗測定器を用い、両端末間の抵抗を測定した。尚、ヒータ抵抗値の目標値は、4.5 Ω である。

【0035】②同様に、第1グリーンシートを作成し、その自由面の表面粗さを測定した。また、第1グリーンシートの自由面にヒータパターンを印刷し、その印刷厚みを測定した。更に、焼成後、セラミックヒータのヒータ抵抗値を測定した。そして、印刷厚み及びヒータ抵抗値のばらつきを求めた。その結果を、同じく下記表1に記す(比較例の試料No.4~6)。

【0036】

【表1】

	試料 No	表面 粗さ [μm]	印刷 厚み [μm]	印刷厚み		ヒータ 抵抗値 [Ω]	ヒータ抵抗値	
				平均値 [μm]	バラツキ [μm]		平均値 [Ω]	バラツキ [Ω]
実施例	1	0.6	24	24	2	4.5	4.5	0.2
	2	1.1	23			4.6		
	3	1.5	25			4.4		
比較例	4	4.7	27	27	4	4.2	4.2	0.4
	5	5.4	29			4.0		
	6	4.1	25			4.4		

【0037】この表1から明かなように、本発明の範囲の実施例の製造方法の場合（試料No.1～3）は、第1グリーンシートの規制面の表面粗さが小さく、印刷厚み及びヒータ抵抗値のばらつきが小さいので好適である。また、実施例の場合は、印刷厚み及びヒータ抵抗値とも、その平均は目標値と一致し、その点からも好ましい方法である。

【0038】それに対して、比較例の場合（試料No.4～6）は、第1グリーンシートの自由面の表面粗さが大きく、印刷厚み及びヒータ抵抗値のばらつきが大きいため好ましくない。また、比較例の場合は、印刷厚みの平均は、目標値をかなり上回り、そのため、ヒータ抵抗値の平均は、目標値をかなり下回るので好ましくない。尚、印刷厚みの平均が、目標値よりかなり大きい理由は、自由面における表面粗さが大きいからであると考えられる。

【0039】この様に、本実施例のセラミックヒータの製造方法では、第1グリーンシートの規制面、即ち表面粗さの小さい面にヒータパターンを形成するので、目標値に近い印刷厚み及びヒータ抵抗値が得られる。それにより、印刷厚みのばらつきが低減でき、ヒータ抵抗値のばらつきを低減できるという顕著な効果を奏する。

【0040】尚、本発明は前記実施例になんら限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々の態様で実施しうることはいうまでもない。

（1）例えば、前記実施例では、セラミックヒータの形状として、円筒状のものを形成したが、板状のセラミックヒータとしてもよい。

【0041】（2）また、セラミック基材としては、両端に通じる孔の開いた筒状（例えば円筒状）のもの、一端が閉塞された筒状（例えば円筒状）のもの、あるいは孔の開いていない柱状（例えば円柱状）のもの等を採用できる。

【0042】

【発明の効果】以上詳述した様に、請求項1、2の発明では、グリーンシートの両側の面のうち、搬送テープ側の面に、ヒータパターンを形成するので、印刷厚みを均一化することができる。それにより、焼成後のヒータ抵抗値を目標値に近づけて、ヒータ抵抗値のばらつきを低減することができる。

【0043】請求項3、4の発明では、グリーンシートの両側の面のうち、表面粗さが4.0 μm 以下である面に、ヒータパターンを形成するので、印刷厚みを均一化することができる。それにより、焼成後のヒータ抵抗値を目標値に近づけて、ヒータ抵抗値のばらつきを低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】セラミックヒータの一部を破断して示す斜視図である。

【図2】セラミックヒータを分解して示す斜視図である。

【図3】セラミックヒータの製造方法を示し、（a）はドクターブレード法の説明図、（b）はグリーンシートのカット方法を示す説明図である。

【符号の説明】

1…セラミックヒータ

3…第1セラミック層

4…第2セラミック層

5…ヒータ部

6…発熱部

13…第1グリーンシート

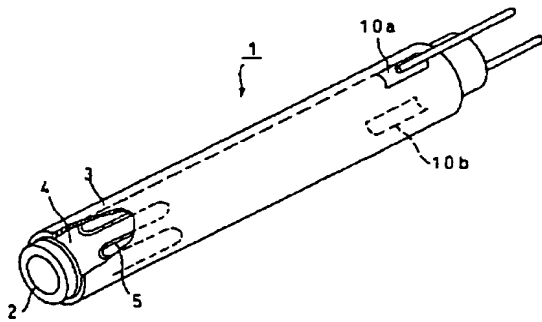
14…第2グリーンシート

15…ヒータパターン

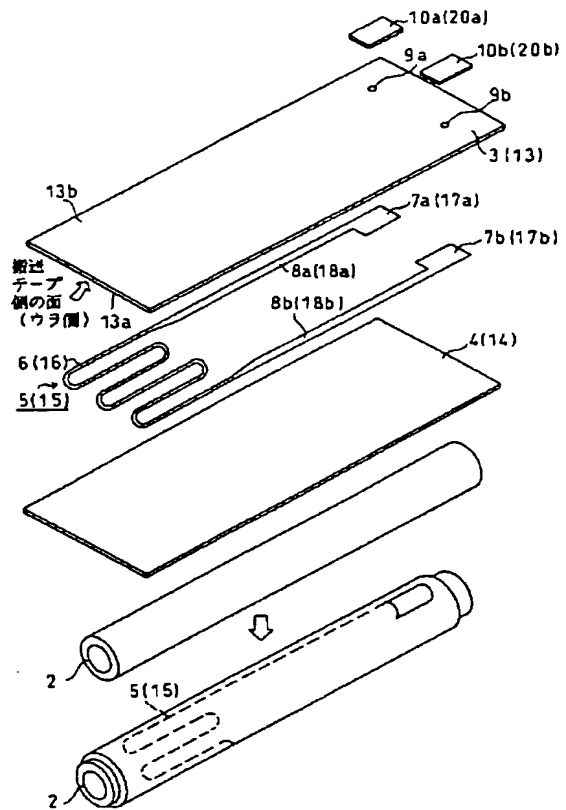
16…発熱パターン

32…搬送テープ

【図1】



【図2】

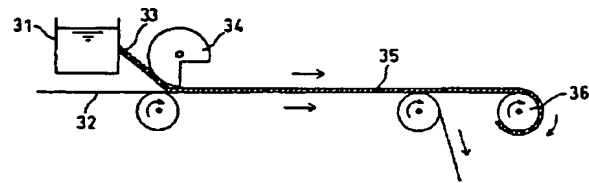


(7)

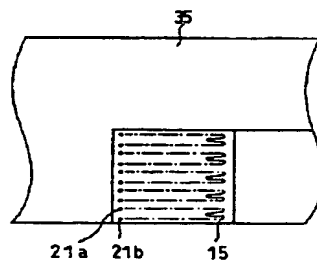
特開平 1 1 - 2 7 3 8 3 7

【図 3】

(a)



(b)



11-273837

[Title of the invention]

METHOD FOR PRODUCING CERAMIC HEATER

[Abstract]

[Object]: To provide a method for producing a ceramic heater capable of suppressing dispersion of heater resistance value.

[Configuration]: In a method for producing a ceramic heater, comprising: producing a green sheet on a transporting tape by a doctor blade method; printing a heater pattern on the green sheet; and firing the resultant, a heater pattern 15 is formed on a face (specified face) 13a among both faces of a first green sheet 13 in a transporting tape 32 side.

[Claims]

1. A method for producing a ceramic heater, comprising:
producing a green sheet on a transporting tape by a doctor blade method;
printing a heater pattern on the green sheet; and
firing the resultant, wherein
the heater pattern is formed on a face in the transporting tape side among both faces of the green sheet.
2. The method for producing a ceramic heater according to claim 1, wherein
the surface roughness of the face of the green sheet in the

transporting tape side is 2.0 μm or less.

3. A method for producing a ceramic heater, comprising:
producing a green sheet;
printing a heater pattern on the green sheet; and
firing the resultant, wherein
the heater pattern is formed on a face having the surface roughness
of 4.0 μm or less among both faces of the green sheet.

4. The method for producing a ceramic heater according to claim 3,
wherein
the green sheet is formed on a transporting tape by a doctor blade
method.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Technical Field Pertinent to the Invention]

The present invention relates to a method for producing a ceramic
heater used for an oxygen sensor for automobiles, a glow system,
semiconductor heating, a kerosene-fueled fan heater and the like.

[0002]

[Prior Art]

Conventionally, in an oxygen sensor, for example, a flat or a
cylindrical ceramic heater has been used for heating a detection element of
the sensor. For example, a cylindrical ceramic heater is a heater produced
by rolling a green sheet in which a heater pattern is formed on the surface of

a cylindrical ceramic substrate (ceramic insulating tube) made of, for example, alumina and integrally firing the resultant.

[0003]

The above-described ceramic heater is generally produced by the following procedures (1) to (3) (see Japanese Unexamined Patent Publication Nos. 1-225087 and 4-329291).

(1) At first, a belt-like green sheet is continuously produced by using, as a raw material, a slurry containing a main component, for example, alumina by a doctor blade method.

[0004]

(2) Next, after the green sheet is cut in a prescribed size, using a paste containing a high melting point metal, for example, tungsten or the like, a heater pattern is formed on the green sheet by thick layer printing by a paste printing method such as screen printing or the like.

(3) Then, the green sheet in which the heater pattern is formed is laminated on the surface of a ceramic substrate and integrally fired.

[0005]

[Problems to be Solved by the Invention]

However, in the case of producing a ceramic heater by the above-mentioned method, when the heater pattern is formed on a green sheet by a paste printing, the printing thickness of the heater pattern becomes uneven in some cases. As a result, the heater resistance value after firing becomes different from an intended value and results in a problem that dispersion of the heater resistance value is significant.

[0006]

The present invention is achieved in consideration of the above-mentioned problems, and an object thereof is to provide a method for producing a ceramic heater by which dispersion of the heater resistance value can be suppressed.

[0007]

[Means for Solving the Problems]

In order to achieve the above object, according to the invention of claim 1, a method for producing a ceramic heater, comprises: producing a green sheet on a transporting tape by a doctor blade method; printing a heater pattern on the green sheet; and firing the resultant, wherein the heater pattern is formed on a face in the transporting tape side among both faces of the green sheet.

[0008]

In the present invention, among both faces of the green sheet, the heater pattern is formed in the face in the transporting tape side. Since the face of the green sheet in the transporting tape side is a face where a raw material slurry is to be brought into direct contact with the transporting tape and to be like a sheet by drying thereafter in the case of producing a green sheet by a doctor blade method, the surface roughness of the face in the transporting tape side should be sufficiently low as same as the surface of the transporting tape.

[0009]

Therefore, in the case where a heater pattern is formed in the face of the green sheet in the transporting tape side by printing (paste printing), the printing thickness can be made even. As a result, the heater resistance

value after firing can be easily made close to an intended value and, thus, the dispersion of the heater resistance value can be suppressed.

[0010]

According to the invention of claim 2, in the method for producing a ceramic heater according to claim 1, wherein the surface roughness of the face of the green sheet in the transporting tape side is $2.0\text{ }\mu\text{m}$ or less. In the present invention, with respect to the green sheet, the surface roughness in the transporting tape side is specified. That is, in the case where the surface roughness is as defined roughness or less, the surface of the green sheet is sufficiently smooth, the printing thickness is made further even and accordingly, the heater resistance value can be made closer to the intended value and the dispersion of the heater resistance value can be lowered more.

[0011]

According to the invention of claim 3, a method for producing a ceramic heater, comprising: producing a green sheet; printing a heater pattern on the green sheet; and firing the resultant, wherein the heater pattern is formed on a face having the surface roughness of $4.0\text{ }\mu\text{m}$ or less among both faces of the green sheet.

[0012]

In the present invention, the heater pattern is formed in the face having the surface roughness of $4.0\text{ }\mu\text{m}$ or less among both faces of the green sheet. That is, by forming the heater pattern in the face of a green sheet having the surface roughness of $4.0\text{ }\mu\text{m}$ or less, the printing thickness can be made even and as a result, the heater resistance value can be easily made close to an intended value and, thus, the dispersion of the heater resistance

value can be suppressed.

[0013]

According to the invention of claim 4, in the method for producing a ceramic heater according to claim 3, wherein the green sheet is formed on a transporting tape by a doctor blade method. The present invention exemplifies a method for forming a green sheet in claim 3 of the present invention. In the present invention, since the green sheet is formed on the transporting tape by the doctor blade method, the surface roughness in the transporting tape side can be lowered. Accordingly, the printing thickness can be made even and, as a result, the heater resistance value can be made close to an intended value; thus, the dispersion of the heater resistance value can be suppressed.

[0014]

Herein, the surface roughness stands for Ra (arithmetic means deviation) defined by JIS B0601 (1994). It is noted that the cut-off value and the evaluation length are standard values of JIS. Further, as the heater pattern, those including lead patterns and terminal patterns can be exemplified, however those significantly affect the heater resistance value are heat radiation patterns, so that it is important that a heat radiation pattern is formed in the face (the face in the transporting tape side and the face with a surface roughness of a prescribed value or lower) as described in claims 1 to 4.

[0015]

An example of the green sheet includes a material containing mainly alumina (Al_2O_3). Examples of the material of the heater pattern include

high melting point materials such as platinum (Pt), rhodium (Rh), molybdenum (Mn), tungsten (W) and the like.

[0016]

[Examples of the Invention]

Hereinafter, examples of the method for producing a ceramic heater of the present invention will be described.

(Example)

(1) At first, the structure of a ceramic heater to be produced by a method of this example will be described.

[0017]

As illustrated in Fig. 1, the ceramic heater of this example has a rod-like shape and comprises a first ceramic layer 3 and second ceramic layer 4 of mainly alumina laminated on the circumference of a cylindrical ceramic substrate (alumina insulating tube) 2, and a heater part 5 made of mainly tungsten arranged between the first ceramic layer 3 and second ceramic layer 4.

[0018]

The heater part 5, as disassembly shown in Fig. 2, is formed of a heat generation part 6 winding many times at the tip end side of the ceramic heater 1, an anode side terminal part 7a and a cathode side terminal part 7b arranged in the rear end side of the ceramic heater and connected to an electric power source side, and a pair of lead parts 8a and 8b connecting the heat generation part 6 and the terminal parts 7.

[0019]

Further, electric conductive parts 9a and 9b are formed in the first

ceramic layer 3, corresponding to the respective lead parts 8a and 8b. The electric conductive parts 9a and 9b are those formed by forming conductive layers in the inner surface of through holes of the first ceramic layer 3. Further, in the side of the electric conductive parts 9a and 9b on the opposite to the heater part 5, an anode side terminal 10a and a cathode side terminal 10b to be connected to the respective terminal parts 7a and 7b are formed by the respective electric conductive parts 9a and 9b.

[0020]

(2) Next, a method for producing a ceramic heater will be described. The ceramic heater is produced by firing the foregoing first ceramic layer 3, second ceramic layer 4, heater part 5, heat generation part 6, anode side terminal part 7a, cathode side terminal part 7b, lead parts 8a and 8b, anode side terminal 10a, and cathode side terminal 10b by firing the first green sheet 13, the second green sheet 14, the heater pattern 15, the heat radiation pattern 16, the anode side terminal pattern 17a, the cathode side terminal pattern 17b, lead patterns 18a and 18b, the anode side terminal patterns 20a, and the cathode side terminal patterns 20b; therefore, descriptions will be given using Fig. 2.

[0021]

(a) Production of green sheet

At first, fine powders such as an Al_2O_3 powder (purity 99.9%, average particle diameter 1.8 μm), a SiO_2 powder as a sintering aid (purity 99.9%, average particle diameter 1.4 μm), a CaCO_3 powder to be CaO (purity 99.9%, average particle diameter 3.2 μm), a MgCO_3 powder to be MgO (purity 99.9%, average particle diameter 3.2 μm) and if necessary, a

Y₂O₃ powder were mixed in a prescribed ratio (for example, 90 parts by weight of an Al₂O₃ powder, 5 parts by weight of a SiO₂ powder, 3 parts by weight of a CaCO₃ powder, and 2 parts by weight of a MgCO₃ powder) to obtain a mixture.

[0022]

Next, to 100 parts by weight of the mixture, 8 parts by weight of polybutyl vinylal, 4 parts by weight of dibutyl phthalate, and 70 parts by weight of methyl ethyl ketone and toluene are added and mixed by a ball mill to obtain a slurry. After that, the slurry is subjected to defoaming in vacuum and the first green sheet 13 with a thickness of 0.3 mm and the second green sheet 14 with a thickness of 0.20 mm are produced by a doctor blade method.

[0023]

Herein, the doctor blade method will be described.

The doctor blade method is, as shown in Fig. 3(a), a method for adjusting the thickness of a slurry 33 by a blade 34 with a shape of a column of which a portion is cut in the axial direction, in the case the slurry 33 is poured on and supplied to a transporting tape 32, which is a film made of a synthetic resin, from a container 31.

[0024]

The slurry 33 arranged above the transporting tape 32 forms a belt-like green sheet 35 by properly evaporating the methyl ethyl ketone and toluene by an unillustrated drying apparatus while the transporting tape 32 being moved. The green sheet 35 is rolled by a rib 36 after being parted from the transporting tape 32.

[0025]

After that, the belt-like green sheet 35 is pulled out the rib 36 and cut in prescribed shapes. Practically, as shown in Fig. 3(b), it is cut into approximately square shapes so as to form a plurality of heater patterns 15 and at the points where the respective terminal patterns 17a and 17b are to be formed, the respective through holes 21a and 21b are formed.

[0026]

After that, a plurality of heater patterns 15 are formed at once the foregoing respective green sheets with approximately square shapes and each green sheet is to be cut corresponding to each heater pattern 15. Hereinafter, in order to make the description clear, a case where a heater pattern 15 is printed on the first green sheet 13 alone will be described.

[0027]

It is noted that the second green sheet 14 is also produced by an approximately similar doctor blade method except that the thickness is different and the through holes 21a and 21b are not formed.

(b) Production of tungsten paste

With respect to 100 parts by weight of a mixture obtained by mixing tungsten powder (average particle diameter 1.5 μm) and if necessary, an Al_2O_3 powder (average particle diameter 1.5 μm) and a Re powder (average particle diameter 1.5 μm) in a prescribed ratio (for example, 90 parts by weight of a tungsten powder and 10 parts by weight of an Al_2O_3 powder), 5 parts by weight of polyvinyl butyral, 20 parts by weight of butyl carbitol acetate, and 70 parts by weight of acetone were added and mixed by a ball mill to obtain a slurry. After that, the acetone was removed by drying to

obtain a tungsten paste with a prescribed ratio.

[0028]

(c) Printing of heat radiation pattern

At the time of forming the first green sheet 13 by the foregoing doctor blade method, using the tungsten paste produced in the above-mentioned manner, paste printing was carried out on the face in the transporting tape side (hereinafter, also referred to as the specified face 13a; the rear side in Fig. 2). Accordingly, the heat pattern 15 with a thickness of 25 μm was formed.

[0029]

That is, while keeping the specified face 13a of the first green sheet 13 upward (however, in Fig. 2, the face to be downward at the time of pressure bonding), thick film printing (screen printing) of the heater pattern 15 composed of the heat radiation pattern 16, the anode side terminal pattern 17a, the cathode side terminal pattern 17b, and lead patterns 18a and 18b was carried out using a mask (not illustrated) made of a metal having through holes with a shape of the heater pattern 15.

[0030]

Herein, the surface roughness of the specified face 13a of the foregoing first green sheet 12 was about 0.6 to 1.5 μm . Further, the surface roughness of the other face (hereinafter, also referred to as the free face 13b; the upward face in Fig. 2) was about 4.1 to 5.4 μm .

(d) Production of ceramic formed body

Next, at the prescribed positions, that is, the points corresponding to the through holes 21a and 21b, of the free face 13b of the first green sheet

13, screen printing was carried out using a tungsten paste similar to that described above to form the anode side terminal pattern 20a and the cathode side terminal pattern 20b by thick film printing.

[0031]

After that, to the surface on which the heater pattern 15 was printed on the first green sheet 13, the second green sheet 14 was laminated by pressure. Following that, an alumina paste (a common base) was applied to the other surface (the downward face in Fig. 2) of the second green sheet 14 and the second green sheet 14 was wound around an insulating tube 2 made of alumina while the coated face being set face to the alumina insulating tube 2 and the outer circumference was pressurized to obtain a ceramic heater formed body.

[0032]

(e) Firing of ceramic heater formed body

The ceramic heater formed body obtained in the above-mentioned manner was heated at 250°C for removing the resin and then, the formed body was fired at 1550°C for 1.5 hours in hydrogen atmosphere in a furnace to obtain a ceramic heater 1 in which the first and the second ceramic layers 3 and 4, the heat generation part 5, both terminal parts 20a and 20b, and the alumina insulating tube 2 were united together.

(Experimental Examples)

Next, experimental examples carried out in order to confirm the effects of the present invention will be described.

[0033]

(1) At first, according to the production method of the

above-mentioned Example, the first green sheet was produced and the surface roughness of their specified faces was measured. Further, heater patterns were printed on the specified faces of the first green sheets and the printing thickness was measured. Furthermore, the heater resistance value of each ceramic heater was measured after the firing. Then, the printing thickness and the dispersion of the heater resistance values (the differences between the maximum values and the minimum values) were investigated. The results are shown in the following Table 1.

(Sample Nos. 1 to 3 of Examples)

[0034]

The surface roughness of the foregoing specified faces and the printing thickness were measured by "Surf Coder SE-2300, a surface roughness measuring apparatus, manufactured by Kosaka Kenkyusho". The intended value of the printing thickness is 24 μm .

The heater resistance value was measured by measuring the resistance between both terminals by employing a resistance measuring apparatus. The intended value of the heater resistance value is 4.5 Ω .

[0035]

(2) Similarly, the first green sheets were produced and the surface roughness of their free faces was measured. Further, the heater pattern was printed on the free face of each first green sheet and the printing thickness was measured. Further, after firing, the heater resistance value of each ceramic heater was measured. Then, the dispersion of the printing thickness and the heater resistance values was calculated. The results are shown similarly in the following Table 1 (Sample Nos. 4 to 6 of the

Comparative Examples)

[0036]

[Table 1]

	Sample No.	Surface roughness [μm]	Printing thickness [μm]	Printing thickness		Heater resistance value [Ω]	Heater resistance value	
				Average value [μm]	Dispersion [μm]		Average value [Ω]	Dispersion [Ω]
Example	1	0.6	24	24	2	4.5	4.5	0.2
	2	1.1	23			4.6		
	3	1.5	25			4.4		
Comparative Example	4	4.7	27	27	4	4.2	4.2	0.4
	5	5.4	29			4.0		
	6	4.1	25			4.4		

[0037]

As being made clear from Table 1, in the case of the production methods of Examples within the scope of the present invention (Sample Nos. 1 to 3), the surface roughness of the specified faces of the first green sheet was low and the dispersion of the printing thickness and the heater resistance values was narrow and therefore they were preferable. Further, in the case of Examples, with respect to both of the printing thickness and the heater resistance values, their average values were same as the intended values and also from this point, they were preferable.

[0038]

On the contrary, in the case of Comparative Examples (Sample Nos. 4 to 6), the surface roughness of the free face of each first green sheet was high and the dispersion of the printing thickness and the heater resistance values was broad and therefore they were not preferable. Further, in the case of Comparative Examples, the average of the printing thickness significantly exceeded the intended value and therefore, the average of the heater resistance values was considerably lower than the intended value and accordingly, they were not preferable. It is noted that the reason for that the average of the printing thickness significantly exceeded the intended value could be supposed to be because the surface roughness in the free faces was high.

[0039]

As described above, with respect to a method for producing a ceramic heater of the present invention, since the heater pattern is formed in the specified face of the first green sheet, that is, the face with low surface

roughness, the printing thickness and the heater resistance value close to their intended values. Accordingly, the present invention provides remarkable effects that the dispersion of the printing thickness can be narrowed and that the dispersion of the heater resistance value can be lowered.

[0040]

The present invention is not at all specified to the foregoing Examples and it is no need to say that any modifications and variations can be made within the scope of the present invention.

(1) For example, although the ceramic heaters produced in the foregoing Examples were cylindrical ones, plate type ceramic heaters may be produced.

[0041]

(2) Further, as a ceramic substrate, a column-like (for example, cylindrical) one having a hole communicated to both ends, a column-like (for example, cylindrical) one having one end closed, or a pillar-like (for example, column-like) one having no hole can be employed.

[0042]

[Effects of the Invention]

As described above in details, in claims 1 and 2, since the heater pattern is formed in a face in the transporting tape side among both faces of the green sheet, the printing thickness can be made even. Accordingly, the heater resistance value after firing can be close to an intended value and the dispersion of the heater resistance value can be lowered.

[0043]

In claims 3 and 4, since the heater pattern is formed in a face having the surface roughness of 4.0 μm or less among both faces of the green sheet, the printing thickness can be made even. Accordingly, the heater resistance value after firing can be close to an intended value and the dispersion of the heater resistance value can be lowered.

[Brief Description of the Invention]

Fig. 1 is a perspective view showing a ceramic heater with some portions being ruptured.

Fig. 2 is a perspective view showing a ceramic heater being disassembled.

Figs. 3(a) and 3(b) illustrate a method for producing a ceramic heater. More specifically, Fig. 3A illustrates a doctor blade method and Fig. 3B illustrates a method for cutting a green sheet.

[Explanation of the Symbols]

- 1: ceramic heater
- 3: first ceramic layer
- 4: second ceramic layer
- 5: heater part
- 6: heat generation part
- 13: first green sheet
- 14: second green sheet
- 15: heater pattern
- 16: heat generation pattern
- 32: transporting tape

Translation of the words at Upper left portion in Fig. 2



FACE (REAR FACE) IN TRANSPORTING TAPE SIDE